

УДК 676.18

В.А. Барбаш

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ПАПЕРУ І КАРТОНУ ІЗ НЕДЕРЕВНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

The paper analyzes the consumption and production of paper and cardboard during the years of Ukrainian independence. We summarize the experimental data for obtaining laboratory samples of cardboard and paper products with using its fiber composition of pulp from non-wood plant materials. It is shown that to increase the consumption of paper and paperboard per capita to expand the capacity of enterprises to obtain pulp from various sources of plant material, particularly from non-wood plant materials. Found that the use of non-wood pulp from non-wood plant materials in the composition of different types of paper and paperboard expands raw materials of the industry, improves the quality of the final product meets all requirements and standards.

**Вступ**

Одним із індикаторів розвитку суспільства в усіх цивілізованих країнах є рівень споживання паперу і картону на душу населення. Цей показник віддзеркалює взаємозв'язок між досягнутим рівнем ВВП і розвитком целюлозно-паперової промисловості (ЦПП) країни. Середньосвітове його значення у 2009 р. становило 54 кг на людину, у Європі – 165 кг/чол., у Північній Америці – 227 кг/чол. [1], а в Україні за результатами 2010 р. – лише 31,7 кг/чол. [2], з яких тільки 18,6 кг/чол. виробляється підприємствами вітчизняної целюлозно-паперової промисловості, а інше імпортується. З урахуванням в довготерміновій перспективі глобального економічного росту 2,9 % на рік і росту попиту на картонно-паперову продукцію 2,2 % на рік обсяг виробництва паперу і картону невпинно буде зростати, а їх споживання у світі до 2015 р. досягне, на думку експертів, 435 млн т [3].

Серед головних причин низького рівня вітчизняного виробництва картонно-паперової продукції залишаються відсутність власної волокнистої бази для підприємств галузі і незадовільний фінансовий стан більшості підприємств. Таке становище із сировиною для виробництва паперу і картону вимагає від підприємств целюлозно-паперової промисловості орієнтації на використання макулатури як основної волокнистої сировини, якість якої, проте, з року в рік погіршується [3]. Такий перекіс у сировинній базі галузі не дає можливості виробляти в необхідній кількості і потрібної якості продукцію, що користується великим попитом, наприклад, папір друкарський, писальний, фільтрувальний, сангігієнічний, картон коробковий або з вибіленим поверхневим шаром для поверхневого шару гофрованого картону.

У світовій ЦПП основною рослинною сировиною для одержання волокнистих напівфа-

брикатів (ВНФ) для виробництва паперу і картону залишається деревина хвойних і листяних порід. В Україні для потреб ряду галузей (меблевої, деревообробної, будівельної, целюлозно-паперової, хімічної) щорічно заготовлюється близько 15 млн м<sup>3</sup> деревини та імпортується для покриття дефіциту ще близько 7 млн м<sup>3</sup> [4]. Тому для країн з обмеженим запасом вільної деревини альтернативним шляхом вирішення сировинної проблеми для багатьох галузей промисловості є використання недревної рослинної сировини (НДРС). Щорічно на території нашої країни залежно від урожайності злакових культур утворюється близько 20–30 млн т соломи, з якої 75–85 % залишається на полях і згодом переорюється або спалюється. Аналіз потенційного збору зернових свідчить, що найбагатшими на соломі є Дніпропетровська, Донецька, Кіровоградська, Запорізька, Одеська, Харківська і Полтавська області (їхній потенційний збір соломи становить більше 1500 тис. т за рік, а частина невикористаної соломи досягає більше 80 %). Використання у ЦПП навіть 20 % щорічного невикористаного обсягу соломи злакових культур дасть змогу отримати залежно від технології та характеристики кінцевої продукції від 1 до 3 млн т волокнистих напівфабрикатів для виробництва паперу і картону. Використання такої кількості ВНФ у виробництві приведе до збільшення споживання паперу та картону на 20–65 кг на душу населення, що наблизить Україну за цим показником до рівня розвинутих країн світу.

Тому розробка способів і технологічних засад одержання ВНФ із НДРС для різних галузей промисловості є актуальною науково-технічною задачею.

**Постановка задачі**

Метою статті є обґрунтування виробництва різних видів паперу і картону заданої якос-

ті, що одержуються з використанням ВНФ із НДРС.

Для досягнення мети поставлено задачу проаналізувати споживання і виробництво паперу і картону за роки незалежності України, узагальнити експериментальні дані щодо одержання дослідних зразків картонно-паперової продукції з використанням в її композиції ВНФ із НДРС і зробити пропозиції щодо збільшення обсягу вітчизняного виробництва паперу і картону.

### Аналіз отриманих результатів

У попередніх працях [5–9] було показано можливість використання деяких представників НДРС для одержання ВНФ і виробництва з них різних видів паперу і картону. Дослідженнями встановлено, що паперотвірні властивості волокнистих напівфабрикатів з однорічних рослин і відходів сільського господарства значною мірою визначаються розмірами і морфологічною будовою елементарних волокон та хімічним складом рослинної сировини; способами і режимами варіння, які використовувалися для виробництва напівфабрикатів; виходом і ступенем делігніфікації волокнистих напівфабрикатів. ВНФ з однорічних рослин, як і волокнисті напівфабрикати із листяної деревини, розмелюються швидше, ніж хвойна целюлоза. Їх жирність більша, ніж волокнистих напівфабрикатів з деревної целюлози, що пояснюється меншою довжиною волокон НДРС та переваренням дрібних клітин вузлів стебел і колосся рослин. Це призводить до збільшення тривалості обезводнення паперового полотна на столі папероробної машини і вимагає подовження сіткового столу та зменшення швидкості папероробної машини або додаткового введення хімічних допоміжних речовин для поліпшення обезводнення паперової маси. Серед переваг використання ВНФ з однорічних рослин і відходів сільського господарства у виробництві паперу і картону потрібно відзначити такі: підвищення економічності виробництва внаслідок меншої їх собівартості порівняно з деревною целюлозою; зниження енерговитрат на розмелювання приблизно на 25–30 %; зменшення приблизно в два рази витрати клеїв порівняно з композицією паперу із деревної целюлози.

У статті аналізуються літературні дані щодо споживання і виробництва картонно-паперової продукції за роки незалежності України, наводяться експериментальні дані, що отрима-

ні на кафедрі екології та технології рослинних полімерів у результаті проведеної серії варінь окремих представників недеревної рослинної сировини для виробництва ВНФ високого виходу та результати використання ВНФ із НДРС в композиції найбільш поширених видів паперу і картону.

Для одержання ВНФ використовувалися стебла таких рослин: злакових (соломи пшениці); технічних (льону, конопель, ріпаку, кенафу, сорго цукрового); культур, що вирощуються на корм крупній рогатій худобі (канарник очеретяний, сіда багаторічна, мальва мелюка, сільфія пронзеннолиста, шавнат); дикорослих (сорго багаторічне, козлятник). Стебла досліджених рослин подрібнювалися на січку до розмірів 15–20 мм і зберігалися в ексікаторах для підтримки постійної вологості і хімічного складу впродовж усіх експериментів. За хімічним складом та довжиною волокон більшість досліджених представників недеревної рослинної сировини близькі до листяної деревини і тому можуть розглядатися як альтернативна сировина для підприємств целюлозно-паперової галузі.

Необхідну наважку січки стебел рослин завантажували в автоклави з нержавіючої сталі, заливали варильним розчином за гідромодуля 4:1 з відповідною витратою хімічного реагенту (NaOH). Батарею автоклавів занурювали в гліцеринову баню за заданим температурним режимом, а після варіння одержані ВНФ охолоджували, промивали водою, визначали вихід і вміст залишкового лігніну згідно з прийнятими стандартними методиками. Одержані ВНФ із недеревної рослинної сировини і макулатуру марки МС-5Б розмелювали в центробіжно-розмелювальному апараті, волокнисту масу змішували в необхідній композиції та на листовідливому апараті ЛА-1 одержували лабораторні відливки паперу, які досліджували на фізико-механічні властивості за стандартних умов у сертифікованій лабораторії АТ “Інститут паперу”. Дослідні зразки паперу виготовлялися без застосування допоміжних хімічних речовин масою 1 м<sup>2</sup> 112 г.

Огляд літературних даних щодо споживання паперу і картону та розрахунок даних асоціації українських підприємств целюлозно-паперової промисловості “УкрПапір” щодо виробництва картонно-паперової продукції на душу населення [2] дає змогу прослідкувати динаміку зміни виробництва та споживання картонно-паперової продукції за роки незалежності України (рис. 1).

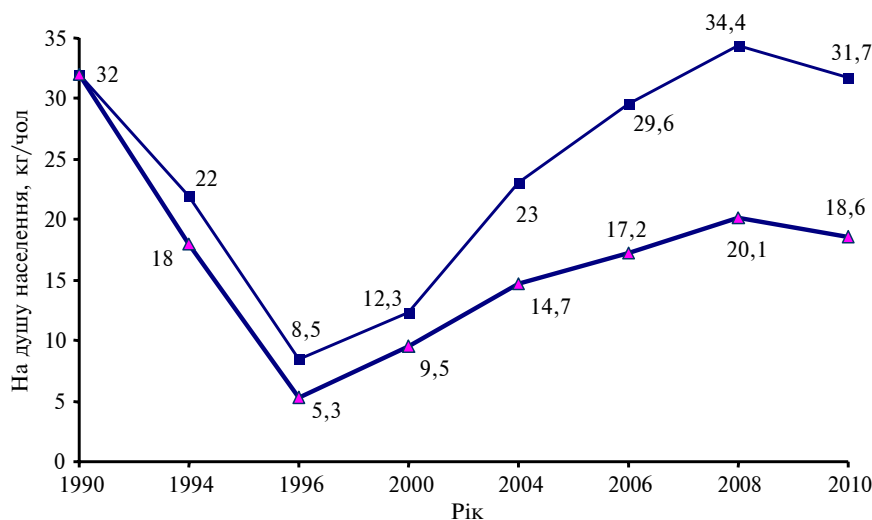


Рис. 1. Споживання (■) і виробництво (▲) паперу і картону на душу населення України по роках



Рис. 2. Український ринок картонно-паперової продукції за 2010 р.

Як видно з рис. 1, тільки у 2007 р. в Україні рівень споживання паперу і картону на душу населення досягнув показника 1990 р. (32 кг/чол.), коли він дорівнював середньосвітовому споживанню картонно-паперової продукції на той час. За умов світової економічної кризи 2008–2010 рр. споживання і виробництво картонно-паперової продукції в Україні дещо зменшилися, але за останні роки обсяг виробництва паперу і картону вітчизняними підприємствами знову зріс (за результатами 2011 р. він оцінюється на рівні 20,5 кг/чол.).

Серед основних факторів, що впливають на нестабільний стан підприємств вітчизняної целюлозно-паперової промисловості, можна назвати такі: відсутність відповідної законодавчої бази забезпечення внутрішнього ринку картонно-

но-паперовою продукцією; стан економіки держави і, зокрема, підприємств целюлозно-паперової промисловості; рівень забезпечення підприємств галузі сировиною (дефіцит деревини); ефективність дій власників і управлінців підприємств щодо технічного їх переоснащення; рівень середньої заробітної плати; асортимент, якість і маркетинг картонно-паперової продукції.

Стан українського ринку картонно-паперової продукції за результатами діяльності підприємств галузі в 2010 р. відповідно до розрахунків літературних даних [2] наведено на рис. 2. Як видно з блоків 1 і 2, імпорт паперу і картону в 2010 р. становив 69 % обсягу спожитої в Україні картонно-паперової продукції, а експорт паперу і картону — 48 % обсягу виробленої продукції українськими підприємствами ЦПП (блоки 7 і 8). При цьому 87 % ВНФ для виробництва паперу і картону становила макулатура (блоки 4 і 7), що обумовило структуру виробництва, в якій переважає продукція з макулатури: картон

тарний і коробковий, папір санітарно-гігієнічний та для гофрування.

Відсутність власного виробництва первинних ВНФ призводить до того, що майже 90 % паперу для друку і письма, газетного паперу імпортується. Це істотно впливає на собівартість і конкурентоспроможність вітчизняної картонно-паперової продукції та стримує розвиток друкованих засобів масової інформації. До 2020 р. споживання паперу і картону прогнозується обсягом 2,8 млн т, а виробництво має досягти рівня 1,6 млн т, що забезпечить значне насичення внутрішнього ринку вітчизняною картонно-паперовою продукцією та істотне підвищення експортного потенціалу галузі. Для реалізації стратегічного завдання галузі — досягнення до 2020 р. рівня споживання картонно-

паперової продукції в кількості 60 кг на душу населення, потрібно розширювати власне виробництво паперу і картону за рахунок створення нових потужностей з їх випуску. Для цього необхідно до 2020 р. мати підприємства загальною потужністю не менше 270 тис. т первинних ВНФ (целюлози, хіміко-термомеханічної маси та деревної маси) навіть за умови збереження існуючої частки макулатури (до 90 %) у складі ВНФ, що використовуються у виробництві паперу і картону українськими підприємствами целюлозно-паперової галузі.

Безальтернативність тенденції збільшення рівня споживання паперу і картону на душу населення як у світі, так і в Україні вимагає заздалегідь планувати збільшення обсягів використання волокнистих напівфабрикатів вітчизняними підприємствами ЦПП. З урахуванням тенденції безальтернативності покращення якісних показників паперу і картону зростають вимоги до волокнистих напівфабрикатів, що неминуче призведе до збільшення обсягів використання якісної сировини, зокрема целюлози та ВНФ високого виходу. Враховуючи, що імпортна волокниста сировина істотно впливає на збільшення вартості картонно-паперової продукції та зниження її конкурентоспроможності, необхідно розвивати власну базу ВНФ для виробництва тих видів паперу, які в Україні не виробляються або виробляються в недостатній кількості і на які існує підвищений попит.

В табл. 1 наведено фізико-механічні показники одержаних делігніфікацією лужним роз-

чином ВНФ високого виходу з відомих і нових недосліджених раніше в ЦПП рослин. Було досліджено таких представників рослинної сировини: кенаф, коноплі, козлятник, мальва мелюка, сіда багаторічна, сільфія пронзеннолиста, солома пшенична, сорго цукрове, сорго багаторічне (трава Колумба), шавнат.

Як видно з даних табл. 1, кращі фізико-механічні показники мають волокнисті напівфабрикати високого виходу, які отримані із сорго багаторічного, шавнату, кенафу, пшеничної соломи і конопель. Їх показники якості не поступаються навіть фізико-механічним показникам сульфитної і сульфатної целюлози з листяних і хвойних порід деревини. Тому ВНФ із НДРС можуть розглядатися як альтернатива імпортній целюлозі та деревній масі.

У табл. 2 наведено показники одного з масових видів продукції ЦПП – паперу для гофрування, в композиції якого використано ВНФ високого виходу із сорго цукрового.

З наведених у табл. 2 даних видно, що зразки паперу, отримані з використанням в його композиції ВНФ зі стебел сорго цукрового, мають суттєво кращі фізико-механічні показники порівняно з макулатурними зразками і відповідають усім вимогам стандарту для паперу для гофрування. При цьому лабораторні зразки з одержаних ВНФ перевищують показники паперу для гофрування із 100 % макулатури за абсолютним опором продавлюванню у 1,8 разу, за розривною довжиною – у 1,5 разу, за опором площинному стисканню гофрованого зразка – у 1,2 разу.

**Таблиця 1.** Показники якості ВНФ із різних представників недеревної рослинної сировини

Представник недеревної рослинної сировини	Витрата NaOH, % а.с.с.*	Тривалість обробки, хв	Вихід ВНФ, % а.с.с.	Лігнін, %/число Каппа	Розривна довжина, м	Опір роздиранню, мН	Опір продавлюванню, кПа	Опір зламу, чпп
Кенаф	10	60	71,8	18,2	7806	—	325	513
Козлятник	10	20	66,9	—/39,2	4790	412	170	12
Коноплі	10	60	75,8	17,4	6420	800	181	442
Мальва мелюка	10	20	58,6	—/56,2	7010	370	309	92
Сільфія	10	20	52,2	—/54,2	6180	298	194	4
Сіда багаторічна	10	20	78,7	9,0	3850	315	148	4
	10	60	77,4	6,7	5230	343	194	17
Солома пшенична	10	10	37	9,4	7780	333	343	464
Сорго багаторічне	10	20	57,6	7,5	8170	504	356	414
	12	60	47,1	5,8	9070	733	427	641
Сорго цукрове	10	20	59,8	—	4684	350	212	8
Шавнат	10	20	68,8	10,7	8300	430	384	240

\* а.с.с. — абсолютно суха сировина.

Таблиця 2. Показники паперу для гофрування з ВНФ із сорго цукрового

Показник	Композиційний склад						Вимоги стандарту [10]	
	100 % МАК	80 % МАК 20 % ВПФ	60 % МАК 40 % ВПФ	40 % МАК 60 % ВПФ	20 % МАК 80 % ВПФ	100 % ВПФ	Б-1	Б-2
Маса 1 м <sup>2</sup> , г	105	108	106	101	112	107	112 ± 6	
Щільність, г/см <sup>3</sup>	0,49	0,54	0,60	0,61	0,65	0,70	—	—
Розривна довжина, м	4560	5130	6140	6510	6620	6970	—	—
Опір площинному стисканню гофрованого зразка (СМТ <sub>30</sub> ), Н	174	180	182	193	198	206	Не менше 240 190	
Абсолютний опір продавлюванню, кПа	227	339	340	387	388	405	Не менше 245 195	
Питомий опір розриву, кН/м	6,4	6,7	6,9	7,1	7,3	7,4	Не менше 7,0	
Опір торцевому стисканню гофрованого зразка (ССТ), кН/м	1,85	1,89	1,65	1,51	1,47	1,45	Не менше 1,0 0,95	
Міцність зламу під час багатократних перегинів, ч.д.п.	80	101	99	120	156	190	—	
Поверхнева вбирність води, г, Кобб <sub>30</sub>	90	94	97	103	108	112	Не менше 70	
Вологість, %	7	7	7	7	7	7	7 <sup>+2</sup> <sub>-1</sub>	

Таблиця 3. Види картонно-паперової продукції, в композиції яких використовуються ВНФ із недеревної рослинної сировини

НДРС	Папір					Картон		
	Письм-ний	Друкар-ський	Для гоф-рування	Санітарно-гігієнічний	Банк-нотний	Короб-ковий	Для гофро-картону	Тар-ний
Бавовник	+	+	+	—	—	+	—	+
Пшенична солома	+	+	+	—	—	+	+	+
Канарник очеретяний	+	+	+	—	—	+	+	+
Кенаф	+	+	+	+	+	+	+	+
Козлятник	—	—	+	—	—	—	—	+
Коноплі	+	—	+	—	+	—	—	—
Кукурудза	—	+	+	—	—	—	—	+
Лаватера тюринська	+	—	—	—	—	+	+	+
Льон	—	+	+	+	+	—	—	—
Мальва мелюка	+	+	—	—	—	+	—	+
Міскампус	+	—	+	—	—	+	—	+
Ріпак	—	+	+	—	—	+	—	+
Амарант	+	—	+	—	—	+	—	+
Свербіга східна	+	—	—	—	—	—	+	+
Сіда багаторічна	+	+	+	—	—	+	—	+
Сільфія пронзеннолиста	—	—	+	—	—	—	—	+
Соняшник	—	—	+	—	—	+	—	—
Сорго багаторічне	+	—	+	—	—	+	+	+
Сорго цукрове	—	—	+	—	—	+	—	+
Соя	+	—	—	—	—	—	—	+
Щавнат	+	—	—	—	—	+	—	+

Примітка. “—” — використання даного ВНФ у виробництві цього виду картонно-паперової продукції не вивчалось.

У табл. 3 наведено перелік різних видів паперу і картону, в яких нами вже доведено можливість використання ВНФ із досліджених представників недеревної рослинної сировини. Отримані результати дають можливість зробити висновок про те, що показники якості картонно-паперової продукції, в композиції якої використовуються ВНФ із однорічних рослин і відходів сільського господарства, відповідають усім вимогам стандартів і тому для збільшення споживання паперу і картону на душу населення потрібно розширювати потужності української ЦПП за рахунок збільшенні обсягу використання деревини та інших джерел рослинної сировини, зокрема стебел недеревних рослин, замість імпортних ВНФ із деревини у виробництві різних видів картонно-паперової продукції.

### Висновки

Використання ВНФ із недеревної рослинної сировини в композиції різних видів паперу

і картону розширюють сировинну базу підприємств галузі, покращують показники якості кінцевої продукції і задовольняють усі вимоги стандартів.

Для збільшення споживання паперу і картону на душу населення потрібно збільшувати обсяги вітчизняного картонно-паперового виробництва, для чого мають розширюватися потужності підприємств з одержання ВНФ із різних джерел рослинної сировини, зокрема відомих і нових представників недеревної рослинної сировини.

В майбутньому потрібно вивчити можливість використання ВНФ із НДРС для виробництва інших видів картонно-паперової продукції та задоволення потреб у волокнистій сировині різних галузей промисловості: целюлозно-паперової, хімічної, фармацевтичної, деревопереробної.

1. *Споживання природних ресурсів.* — [http://www.tmf.se/web/Per\\_capita\\_paper\\_consumption\\_2009.aspx](http://www.tmf.se/web/Per_capita_paper_consumption_2009.aspx)
2. *Асоціація українських підприємств целюлозно-паперової галузі.* — <http://www.papirandlife.ukr.com>
3. *Аналитика.* Текущее состояние и тенденции развития ЦБП в России. — <http://www.abercade.ru/research/analysis/5764>
4. *Гайда С.В.* Вживана деревина — додатковий ресурс сировини // Лісове госп-во, лісова, паперова і деревообробна промисловість: Міжвідомчий наук.-техн. зб. — Львів: НЛТУ України, 2011. — Вип. 37.1. — С. 238–244.
5. *Barbash V.A.* Using of annual plants for paper and paper-board production // Pap-For 2004. The Eighth International Technical Conference, 22–23 November 2004, Russia. — St. Petersburg, 2004. — P.145–146.
6. *Барбаш В.А.* Использование недревесного растительного сырья для производства картонно-бумажной продукции // Целлюлоза. Бумага. Картон. — 2005. — № 1. — С. 59.
7. *Барбаш В.А., Трембус І.В., Гапон О.С.* Тарный картон и писчая бумага из соломенных волокнистых полуфабрикатов // Упаковка. — 2009. — № 6. — С. 18–20.
8. *Дейкун І.М., Пойда В.В., Барбаш В.А.* Використання пероцтової целюлози із соломи ріпаку в композиціях паперу та картону // Упаковка. — 2010. — № 3. — С. 2–4.
9. *Барбаш В.А.* Обґрунтування методології оцінки ефективності процесів делігніфікації рослинної сировини // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. — 2011. — № 5. — С. 155–160.
10. *ГОСТ 7377-85.* Бумага для гофрирования. — Переизд. Дек. 1985 с изм. 2-3; Взамен ГОСТ 7377-69. — Введ. 01.01.87.